

## 軸方向型スロット絞り式静圧気体軸受の性能評価に関する研究

Performance evaluation of axial type slot restrictor Aerostatic bearing

近畿大・理工（学）\*奥田 尚基 近畿大・理工（非）谷 孝明

近畿大・理工（非）川端 大嗣 近畿大・理工（非）梶原 伸治

スターライト工業（非）絹川 智哉 スターライト工業（非）菊谷 慎哉

Naoki Okuda\*, Tomoshi Kawabata\*, Takaaki Tani\*, Shinji Kajiwarara\*

Tomoya Kinugawa\*\*, Shinya Kikutani\*\*

\*Kindai University, \*\*STARLITE Co.,Ltd.

## 1. はじめに

気体軸受を用いて大きな負荷を支持する場合、給気絞りを軸受中央に円周方向に配置する静圧気体軸受が一般に用いられてきた。しかし、軸が軸受中央から外れやすく、軸と軸受が接触し、焼き付いてしまうなどの課題が残されている。これらの課題を解決すべく、給気絞りを軸方向に複数配置した静圧気体軸受が考案されている<sup>1)</sup>が、その給気絞りの幅すなわちスロットすきまがおよぼす軸受性能への影響は明らかになっていない。本研究では、スロットすきまを変化させた実験と CAE 解析を行うことによって、スロットすきまと軸心挙動や負荷容量の関係性を調査した。

## 2. 実験

## 2.1 実験装置

実験装置の概略図を Fig. 1 に、使用した軸受の概略図を Fig. 2 に示す。スラスト荷重の影響を無視できるように縦型の実験装置を採用した。変位計は渦電流式変位計を用いた。軸受の材料は PEEK (ポリエーテルエーテルケトン樹脂) を用いて製作されている。

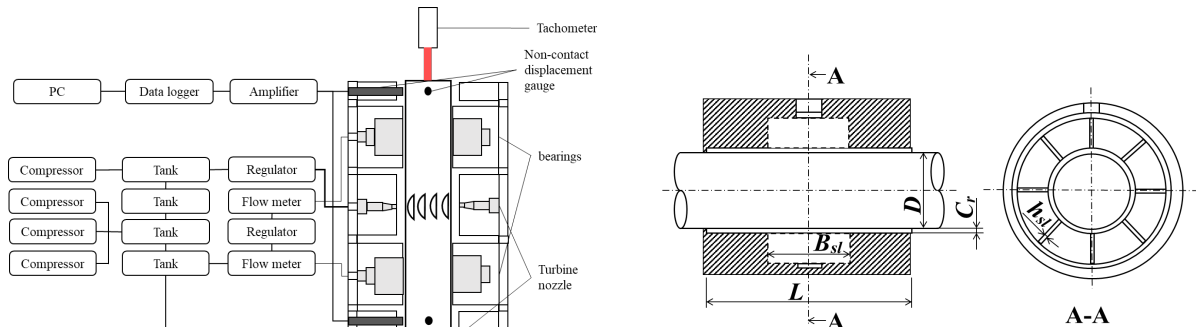


Fig. 2 Bearing model

## 2.2 実験方法

軸受スロットすきま  $h_{sl}$  を 20, 30, 40  $\mu\text{m}$  の 3 種類に設定し、給気圧力 0.2 MPa とした。半径すきま  $C_r$  は 30  $\mu\text{m}$  である。スラスト軸受から給気し軸を浮かせ、続いてラジアル軸受から給気を行い軸の側面がラジアル軸受と接触しないようにする。軸がどこにも接触していないことを確認したら、タービンノズルから給気を行うことで軸を回転させ、タコメータで回転数を計測し、1000rpm 毎に軸心変位を計測した。得られた変位から軸心挙動、最大振幅を求めた。変位の計測とともに流入流量の測定も行った。

## 3. CAE 解析

CAE 解析ツール scFLOW2020 を用いて解析を行った。軸受すきまとスロットすきまの空間を解析領域として設定し、メッシュは解析精度を確保するために解析空間の厚み方向に 2 以上となるよう慎重に作成した。メッシュ数は約 300 万であった。メッシュ作成を行った解析モデルとその部分拡大図を Fig. 3 に示す。解析空間が非常に狭く密度変動を考慮するために圧縮性を考慮し、蒼龍での解析を行った。境界条件は入口圧力を 0.2 MPa、出口圧力を 0 MPa のゲージ圧規定とした。軸表面を空気の粘性を考慮するため no-slip 壁の回転移動壁とすることによって、軸の回転を考慮した。軸回転数は 10000~50000 rpm と設定した。スロットすきま

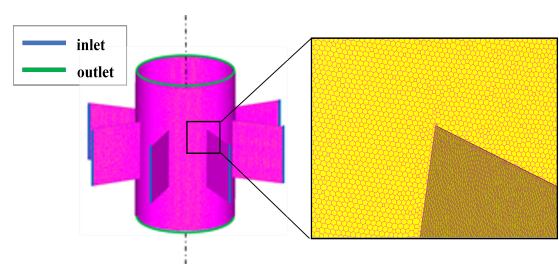


Fig. 3 Analysis and Enlarged view

$h_{sl}$ は実験と同様に 20, 30, 40  $\mu\text{m}$  とした．また、半径すきま $C_r$ に対する軸心移動距離の割合の軸偏心率  $\varepsilon$  は 0 から 0.8 まで変化させた．この CAE 解析によって負荷容量と回転方向力および流量を求めた．

## 4. 結果

### 4.1 実験結果

実験で得られたそれぞれのスロットすきままでの回転数と最大振幅の関係を Fig. 4 に示す．スロットすきま $h_{sl}$ が大きくなるにしたがって共振回転数が低下し、その共振点における最大振幅は小さくなっていくことが分かった．

### 4.2 CAE 解析結果

それぞれのスロットすきまにおける回転数と軸の復元力  $F_x$ 、回転方向力  $F_y$  の関係を Fig. 5 に示す．なお、CAE 解析から求められる復元力  $F_x$  は負の値となり、軸受の負荷容量 $|F_x|$ となる．この復元力は回転数による変化はほとんどみられず、スロットすきま $h_{sl}$ は 20  $\mu\text{m}$  のときに最も良好な結果となった．一方、回転方向力  $F_y$  は回転数にほぼ比例していることがわかる．軸偏心率  $\varepsilon$  と負荷容量 $|F_x|$ の関係を Fig. 6 に示す．スロットすきま $h_{sl}$ が 20  $\mu\text{m}$  以上では、スロットすきまを大きくすると負荷容量は低下することが分かった．流量と偏心率  $\varepsilon$  の関係を Fig. 7 に示す．この図より、偏心率  $\varepsilon$  による流量の変化がほとんどなく、スロットすきま $h_{sl}$ は小さいほど流量が少ないことがわかる．

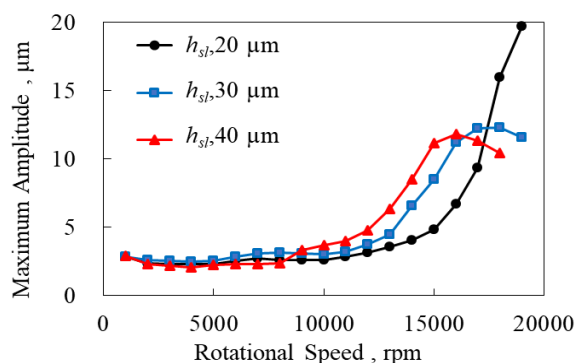


Fig. 4 Maximum Amplitude

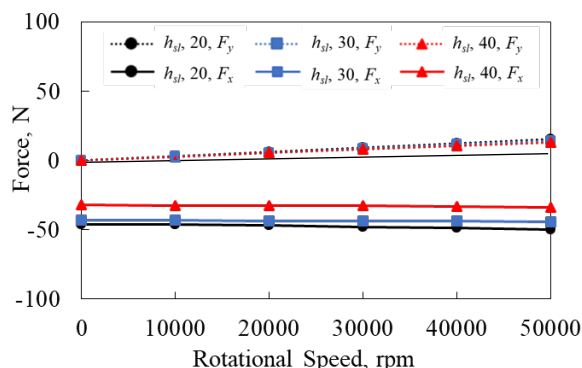


Fig. 5 Relationship between rotation speed and force

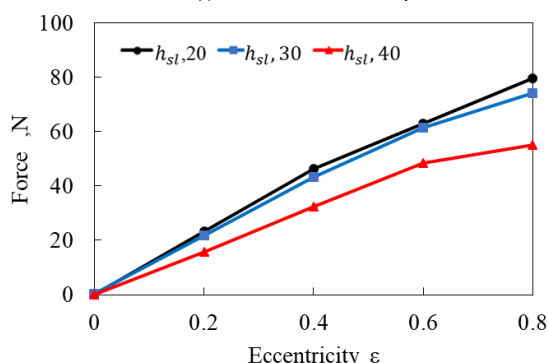


Fig. 6 Relationship between slot clearance and force

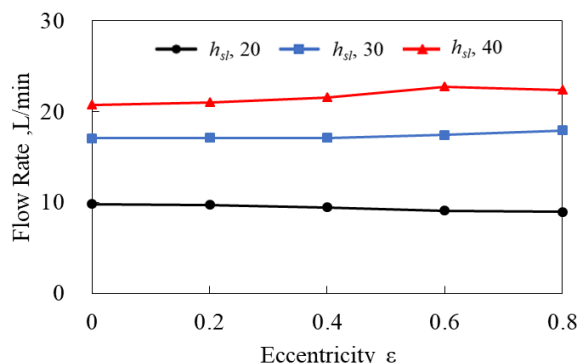


Fig. 7 Relationship between Flow rate and Eccentricity

## 5. 考察

実験から、スロットすきまを大きくすると共振回転数が低下することがわかった．これは CAE 解析によるスロットすきまを大きくするにしたがって復元力が低下することと一致している．共振回転数における最大振幅が大きくなっており、回転数が大きいほど回転方向力が大きくなっていることと一致する．また、Fig. 6 よりスロットすき間 40  $\mu\text{m}$  と 30  $\mu\text{m}$  の差は大きい、30  $\mu\text{m}$  と 20  $\mu\text{m}$  の差は非常に小さいことから、スロットすき間 20  $\mu\text{m}$  付近で最大の復元力が得られると考えられる．

## 6. おわりに

軸方向型スロット式静圧気体軸受を用いた実験を行い、軸の最大振幅、共振回転数から軸受の評価を行った．また、CAE 解析によって軸受の負荷容量、回転方向力および流量を求めた．実験と解析の結果から、スロットすきまを大きくすると復元力が低下し、それによって共振回転数が低下することがわかった．今回、半径すきま $C_r$ を 30  $\mu\text{m}$  としていたが、今後、半径すきま $C_r$ を変更し、スロットすきま $h_{sl}$ との関係を調査する予定である．

## 文献

- 1) 菊地, 梶原, 絹川, 菊谷: 軸方向型および従来型スロット絞り静圧気体軸受の性能評価, 日本機械学会年次大会 S11324, (2020)